

**Optical receiver with extended dynamic range**

Patent Number: DE3633984  
Publication date: 1988-04-07  
Inventor(s): KRAUSE FRANK DIPL ING (DE)  
Applicant(s): STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG (DE)  
Requested Patent: ☐ DE3633984  
Application Number: DE19863633984 19861006  
Priority Number(s): DE19863633984 19861006  
IPC Classification: H04B9/00  
EC Classification: H04B10/158  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

In optical receivers which essentially consist of a photodiode (PD) and a transimpedance amplifier (TIV), it must be ensured in many applications that the transimpedance amplifier is not overdriven at high levels of the received optical signal. The invention specifies an additional circuit (S, CS, RV, CV), by means of which it is possible to interrupt, or greatly to reduce the direct current flowing into the transimpedance amplifier at high levels and, at the same time, to maintain an alternating-current circuit, the alternating-voltage source of which is the photodiode (PD). In this alternating-current circuit, an impedance (RV, CV) converts the alternating output voltage of the photodiode (PD) into an input current for the transimpedance amplifier

(TIV), the variation of which is distinctly less than it would be in the normal operating mode. 

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 36 33 984.9  
22 Anmeldetag: 6. 10. 86  
43 Offenlegungstag: 7. 4. 88

Behörden Eigentum

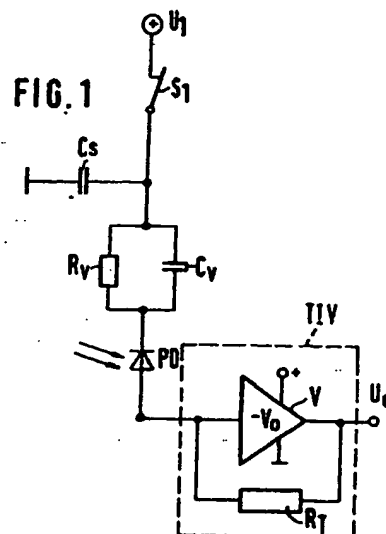
DE 3633984 A1

71 Anmelder:  
Standard Elektrik Lorenz AG, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Krause, Frank, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE

64 Optischer Empfänger mit erweitertem Dynamikbereich

Bei optischen Empfängern, die im wesentlichen aus einer Photodiode (PD) und einem Transimpedanzverstärker (TIV) bestehen, ist in vielen Anwendungsfällen dafür zu sorgen, daß der Transimpedanzverstärker bei hohen Pegeln des optischen Empfangssignals nicht übersteuert wird. Die Erfindung gibt eine Zusatzschaltung (S,  $C_S$ ,  $R_V$ ,  $C_V$ ) an, mit der es möglich ist, bei hohen Pegeln den in den Transimpedanzverstärker fließenden Gleichstrom zu unterbrechen oder stark zu reduzieren und gleichzeitig einen Wechselstromkreis aufrechtzuerhalten, dessen Wechselspannungsquelle die Photodiode (PD) ist. In diesem Wechselstromkreis setzt eine Impedanz ( $R_V$ ,  $C_V$ ) die Ausgangs-Wechselspannung der Photodiode (PD) in einem Eingangsstrom für den Transimpedanzverstärker (TIV) um, dessen Variation deutlich geringer ist als sie bei der normalen Betriebsart wäre.



DE 3633984 A1

## Patentansprüche

1. Optischer Empfänger mit einer Photodiode und einem Transimpedanzverstärker, wobei die Photodiode in einem Gleichstromkreis zwischen einer Versorgungsspannungsquelle und dem Eingang des Transimpedanzverstärkers liegt, dadurch gekennzeichnet, daß er Mittel ( $S$ ,  $C$ ) enthält, um den Gleichstromkreis zu unterbrechen oder den Gleichstrom stark zu reduzieren und einen von der Photodiode ( $PD$ ) als Wechselspannungsquelle gespeisten Wechselstromkreis aufrechtzuerhalten, der eine Impedanz ( $R_V$ ,  $C_V$ ) enthält, welche die Wechselspannung der Photodiode in einen in den Transimpedanzverstärker fließenden Wechselstrom umsetzt.

2. Optischer Empfänger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Unterbrechen des Gleichstromkreises einen Schalter ( $S_1$ ) enthalten, der sich im Gleichstromkreis zwischen der Photodiode ( $PD$ ) und der Vorspannungsquelle ( $U_1$ ) befindet und daß als Mittel zum Aufrechterhalten des eine Impedanz enthaltenden Wechselstromkreises eine gleichstromsperrende Wechselstromverbindung ( $R_V$ ,  $C_V$ ,  $C_S$ ), die eine Impedanz ( $R_V$ ,  $C_V$ ) enthält, zwischen dem mit dem Schalter verbundenen Anschluß der Photodiode ( $PD$ ) und einer Bezugsspannung vorhanden ist.

3. Optischer Empfänger nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß statt des Schalters ein den Strom im Gleichstromkreis begrenzender Widerstand vorhanden ist.

4. Optischer Empfänger nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die gleichstromsperrende Wechselstromverbindung ( $R_V$ ,  $C_V$ ,  $C_S$ ) aus der Impedanz ( $R_V$ ,  $C_V$ ) und einem Kondensator ( $C_S$ ) besteht, wobei die Impedanz ( $R_V$ ,  $C_V$ ) zwischen die Photodiode ( $PD$ ) und den Schalter ( $S_1$ ) geschaltet ist und der Kondensator ( $C_S$ ) zwischen den zum Schalter führenden Anschluß der Impedanz und die Bezugsspannung geschaltet ist (Fig. 1, Fig. 4).

5. Optischer Empfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die gleichstromsperrende Wechselstromverbindung ( $R_V$ ,  $C_V$ ) aus der Impedanz ( $R_V$ ,  $C_V$ ) und einem Kondensator ( $C_S$ ) besteht, wobei der eine Anschluß des Kondensators ( $C_S$ ) mit dem zum Schalter ( $S_1$ ) führenden Anschluß der Photodiode ( $PD$ ) verbunden ist und die Impedanz ( $R_V$ ,  $C_V$ ) zwischen den anderen Anschluß des Kondensators ( $C_S$ ) und die Bezugsspannung geschaltet ist (Fig. 5).

6. Optischer Empfänger nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Impedanz ein Parallel-RC-Glied ( $R_V$ ,  $C_V$ ) ist (Fig. 1, Fig. 4, Fig. 5).

7. Optischer Empfänger nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine schaltbare Verbindung ( $S_2$ ) vorhanden ist, über die die Impedanz ( $R_V$ ,  $C_V$ ) kurzgeschlossen werden kann.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen optischen Empfänger nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Derartige optische Empfänger mit Transimpedanzverstärkern sind vielfach bekannt, z. B. aus der DE-A-32 33 146, Fig. 5.

Bei optischen Übertragungssystemen können die Lei-

stungspegel des von einem optischen Empfänger zu verarbeitenden optischen Empfangssignals sehr unterschiedlich sein. Daher ist von einem optischen Empfänger gefordert, daß er einerseits in der Lage ist, optische Empfangssignale mit sehr kleinem Leistungspegel fehlerfrei zu detektieren, d. h. daß er eine hohe Empfindlichkeit hat, und daß er andererseits bei hohen Leistungspegeln nicht übersteuert wird. Zwischen den durch diese Bedingungen bestimmten minimalen und maximalen Leistungspegeln des Empfangssignals liegt der sogenannte Dynamikbereich des optischen Empfängers.

In vielen Fällen ist es wünschenswert, den Dynamikbereich nach oben zu erweitern, so daß der optische Empfänger auch bei großen optischen Empfangsleistungen betreibbar ist. Für dieses Problem sind eine Vielzahl von Lösungen und Vorschlägen bekannt geworden, die im Hinblick auf unterschiedliche Anwendungsfälle verschiedene Vor- und Nachteile haben, je nachdem, welche der Eigenschaften des optischen Empfängers (Empfindlichkeit, Bandbreite, Frequenzgang, Dynamik) im Vordergrund steht.

Beispielsweise ist es aus der DE-A1 32 18 439 bekannt, zwischen den Eingang des Transimpedanzverstärkers und Masse eine Diode zu schalten, um einen Teil des in der Photodiode erzeugten Signalstroms nach Masse abzuleiten und dadurch den in den Transimpedanzverstärker fließenden Signalstrom zur Vermeidung einer Übersteuerung zu begrenzen. Das Problem dieser Lösung besteht darin, daß sie wie jede am Eingang des Verstärkers vorhandene Zusatzschaltung die Gesamtkapazität des Verstärkers und sein Rauschen erhöht, d. h. die Empfängerempfindlichkeit verschlechtert.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen optischen Empfänger anzugeben, dessen Dynamikbereich mit anderen als den bekannten Mitteln erweitert ist.

Die Aufgabe wird wie im Patentanspruch 1 angegeben gelöst. Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Es hat sich gezeigt, daß durch die Erfindung der Dynamikbereich eines optischen Empfängers um mindestens 15 dB bei unveränderter Empfindlichkeit nach oben erweiterbar ist.

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen optischen Empfängers,

Fig. 2 das Kennlinienfeld einer typischen Photodiode zur Erläuterung der Erfindung,

Fig. 3 den bekannten Empfänger mit einem Widerstand im Gleichstromkreis,

Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen optischen Empfängers und

Fig. 5 ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen optischen Empfängers.

Der optische Empfänger nach Fig. 1 enthält wie der bekannte optische Empfänger als wesentliche Elemente eine Photodiode  $PD$ , deren Kathode mit dem positiven Pol  $U$  einer Versorgungsspannungsquelle und deren Anode direkt mit dem Eingang eines Transimpedanzverstärkers verbunden ist. Der Transimpedanzverstärker, mit einer gestrichelten Umrahmung versehen und mit  $TV$  bezeichnet, kann in irgendeiner der bekannten Ausführungsformen aufgebaut sein, für die es charakteristisch ist, daß eine Verstärkerschaltung  $V$  mit dem Verstärkungsfaktor  $-V_0$  durch einen Gegenkopplungswiderstand  $R_T$  überbrückt ist. Der Transimpedanzverstärker  $TV$  setzt den Photostrom der Photodiode  $PD$  in eine Ausgangsspannung  $U_a$  um. So wie bisher beschrie-

ben, entspricht die-Schaltung der des bekannten optischen Empfängers und bedarf daher keiner näheren Erläuterung.

Erfindungsgemäß ist die Schaltung um folgende Elemente erweitert:

- einen Schalter  $S_1$ , der im Gleichstromkreis der Photodiode liegt und der sie mit der Versorgungs-  
spannungsquelle verbindet;
- einen Kondensator  $C_S$ , der zwischen dem Anschluß des Schalters, der mit der Photodiode verbunden ist, und Masse oder einem anderen Bezugspotential liegt,
- eine Impedanz in Form eines Parallel- $RC$ -Gliedes mit einem Widerstand  $R_V$  und einer Kapazität  $C_V$ , das zwischen diesem Verbindungspunkt des Schalters  $S$  mit dem Kondensator  $C_S$  und der Photodiode liegt.

Mit dem Schalter  $S$  läßt sich der Gleichstromkreis, in dem die Photodiode  $PD$  liegt, unterbrechen, d. h. in diesem Gleichstromkreis liegt bei geöffnetem Schalter ein unendlich großer Widerstand.

Welchen Einfluß die Größe des Widerstandes im Gleichstromkreis der Photodiode auf die Betriebsweise des optischen Verstärkers hat, wird nun anhand der Fig. 3 und des Kennlinienfeldes der Photodiode, das in Fig. 2 gezeigt ist, erläutert. Die Fig. 3 zeigt einen optischen Empfänger der eingangs genannten bekannten Art, bestehend aus dem Transimpedanzverstärker  $TIV$  und der Photodiode  $PD$ , deren Kathode an einer Vorspannung liegt. Da bei der Erfindung, wie bereits angedeutet, der Widerstand im Gleichstromkreis der Photodiode eine wesentliche Rolle spielt, ist in den Gleichstromkreis ein Widerstand  $R$  eingefügt. In Fig. 3 und in Fig. 2 sind:

- $I_d$  der durch die Photodiode  $PD$  fließende Strom,
  - $U_d$  die an der Photodiode bestehende Spannung,
  - $U_V$  die Vorspannung gegen Masse,
  - $U_{AP}$  die Spannung am Eingang des Transimpedanzverstärkers gegen Masse und
- $$U = U_{AP} - U_V.$$

Damit ergibt sich aus Fig. 3 der Zusammenhang:

$$I_d = - \frac{1}{R} U_d + \frac{U}{R}. \quad (1)$$

Zwei Beispiele hierfür bei verschiedenen großen Widerständen  $R$  sind in Fig. 2 durch die beiden Geraden angegeben.

Die Photodiode selbst hat  $I_d/U_d$ -Kennlinien, die vom Pegel des von ihr empfangenen Lichts als Parameter abhängen.

Im Kennlinienfeld der Fig. 2 sind für drei verschiedene Pegel  $P_1 < P_2 < P_3$  die Kennlinien schematisch dargestellt.

Die Arbeitspunkte ergeben sich jeweils als Schnittpunkte der Geraden mit diesen Kennlinien.

Aus der Fig. 2 ist zu entnehmen, daß bei Änderung des Lichtpegels zwischen  $P_1$  und  $P_2$  der Strom sich um den Stromhub  $\Delta I$  ändert, wenn durch einen verhältnismäßig kleinen Widerstand  $R$  die gezeigten Arbeitspunkte  $AP1$  und  $AP2$  festgelegt sind. Bei denselben Lichtpegeländerungen ändert sich der Strom  $I_d$ , wenn durch einen großen Widerstand  $R$  die Arbeitspunkte  $AP4$  und  $AP5$  vorgegeben sind, nur um den sehr geringen Stromhub zwischen diesen beiden Arbeitspunkten. Je kleiner

der Widerstand  $R$  ist, desto weniger hängt der Stromhub von der Spannung  $U_d$  ab, d. h. mit kleiner werdendem  $R$  wird die Photodiode zu einer idealen Stromquelle. Wenn andererseits der Widerstand  $R$  einen großen Wert hat, was mit der Geraden durch  $AP4$  und  $AP5$  gezeigt ist, gibt es bei Änderungen des Lichtpegels kaum noch Stromänderungen, sondern nur noch Spannungsänderungen, d. h. die Photodiode wird zu einer idealen Spannungsquelle, je größer der Widerstand  $R$  wird.

Aufgrund der vorstehend erläuterten Zusammenhänge läßt sich die Funktion des erfindungsgemäßen optischen Empfängers nach Fig. 1 wie folgt beschreiben:

Die Vorspannung  $U_1$  und der Widerstand  $R_V$  sind so gewählt, daß bei geschlossenem Schalter  $S_1$  die Betriebsart des normalen optischen Empfängers vorliegt, für die es typisch ist, daß die Diode im dritten Quadranten des Kennlinienfeldes betrieben wird. Die möglichen Arbeitspunkte sind dabei weiter eingeschränkt durch die minimale Sperrspannung  $U_{Smin}$ , die an der Photodiode liegen darf (andernfalls steigt die Sperrschichtkapazität der Diode zu stark und senkt die obere Grenzfrequenz des Empfängers deutlich herab), und durch den Diodenstrom  $I_{max}$ , den der Transimpedanzverstärker noch verträgt, ohne zu übersteuern. Die Leistungspegel  $P_1$  und  $P_2$  des optischen Empfangssignals sind demnach mit den Arbeitspunkten  $AP1$  und  $AP2$  zulässig.

Bei dieser Betriebsart, bei der der Schalter  $S_1$  geschlossen ist, setzt die Photodiode Änderungen des Pegels des empfangenen Lichts zwischen den Werten  $P_1$  und  $P_2$  in proportionale Änderungen  $\Delta I$  um. Der Photostrom hat daher einen Gleichstrom- und einen Wechselstromanteil. Der Gleichstromanteil fließt in dem Gleichstromkreis, der zwischen dem Transimpedanzverstärker und der Versorgungs-spannungsquelle  $U_1$  bei geschlossenem Schalter  $S_1$  besteht. Der Wechselstromanteil fließt in dem Wechselstromkreis, der zwischen dem Masseanschluß des Kondensators  $C_S$  und dem Masseanschluß der Verstärkerschaltung  $V$  des Transimpedanzverstärkers besteht. Der Kondensator  $C_S$  ist so dimensioniert, daß er für diesen Wechselstrom praktisch einen Kurzschluß darstellt. Die Bedeutung der in diesem Wechselstromkreis zwischen dem Kondensator  $C$  und der Photodiode liegenden Impedanz in Form des Parallel- $RC$ -Gliedes  $R_V, C_V$  wird später erläutert.

Für Anwendungsfälle, bei denen die Lichtpegel so hoch sind, daß der bei der beschriebenen Betriebsart von der Photodiode produzierte Photostrom den Verstärker übersteuern würde (Arbeitspunkt  $AP3$  beim Lichtpegel  $P_3$ ), kann durch Öffnen des Schalters  $S_1$  eine andere Betriebsart vorgegeben werden, bei der, wie gezeigt wird, der in den Verstärker fließende Strom in seiner Amplitude begrenzt ist.

Bei geöffnetem Schalter  $S_1$  ist der Gleichstromkreis, in dem die Photodiode liegt, unterbrochen, was im Kennlinienfeld der Fig. 2 bedeutet, daß für den Lichtpegel  $P_1$  der Arbeitspunkt  $AP4'$ , gegeben ist, bei dem der Strom  $I_d$  gleich Null ist.

Bei Änderungen des Lichtpegels zwischen dem Lichtpegel  $P_1$  und dem Lichtpegel  $P_3$  erzeugt die Photodiode Spannungsänderungen der Größe  $\Delta U$ , auch Spannungshub genannt, wobei der Strom konstant gleich Null bleibt.

Die Photodiode ist also bei dieser Betriebsart eine Wechselspannungsquelle. Sie speist den zwischen dem Transimpedanzverstärker und dem Masseanschluß des Kondensators  $C_S$  bestehenden Wechselstromkreis.

Damit der Spannungshub in einen Stromhub umge-

wandelt wird, enthält dieser Wechselstromkreis eine Impedanz, beispielsweise in Form des Parallel- $RC$ -Gliedes  $R_V, C_V$ . In anderen Worten: Die Stromquelle, die dem Transimpedanzverstärker vorzuschalten ist, wird bei der vorliegenden Betriebsart gebildet durch die Kombination aus der Photodiode als Wechselspannungsquelle und der Impedanz. Der von dieser Stromquelle erzeugte Stromhub ist dem Spannungshub  $\Delta U$  proportional. Damit ist einerseits der Strom deutlich reduziert gegenüber einem Strom, der bei dem bekannten optischen Empfänger (beim Arbeitspunkt  $AP3$ ) auftreten würde und andererseits ist der erzeugte Stromhub groß genug, um eine ausreichende Empfindlichkeit zu gewährleisten. Somit ist eine Betriebsart für hohe Lichtpegel ermöglicht, bei der ein Übersteuern des Verstärkers verhindert wird, d. h. der Dynamikbereich des optischen Empfängers ist als Ergebnis der zweiten Betriebsart erheblich nach oben erweitert.

Die Impedanz  $R_V, C_V$  bildet zusammen mit dem Kondensator  $C_S$  eine gleichstromsperrende Wechselstromverbindung zwischen dem Anschluß der Photodiode  $PD$ , der zum Schalter  $S_1$  führt, und Masse.

Durch geeignete Dimensionierung der Impedanz läßt sich erreichen, daß der Frequenzgang der Diodenspannung durch einen entsprechenden Frequenzgang des Stroms durch das  $RC$ -Glied kompensiert wird. Dies ist dann der Fall, wenn  $R_V$  sehr viel größer als  $R_e$  und  $C_V = T_d$  ist und der Frequenzgang der Diode durch

$$U_d(\omega) = \frac{U_{d0}}{1 + T_d \omega}$$

beschrieben werden kann.

Dabei ist:

$$R_e = R_T \frac{1}{V_0 + 1},$$

$R_T$  der Widerstand des Transimpedanzwiderstands,

$T_d$  die Zeitkonstante der Diode,

$\omega$  die Kreisfrequenz,

$U_d$  die Diodenspannung und  $U_{d0}$  die Diodenspannung bei  $\omega = 0$ .

Bei sehr hohen Betriebsfrequenzen ist für die Kompensation des Frequenzgangs der Diodenspannung eine Impedanz erforderlich, die komplizierter als das einfache Parallel- $RC$ -Glied ist.

Wie aus den Arbeitspunkten  $AP4, AP5$  und  $AP6$  aus Fig. 2 ersichtlich ist, wird die vorstehend beschriebene Erweiterung des Dynamikbereichs auch dann erreicht, wenn der Gleichstromkreis nicht unterbrochen ist, sondern der Gleichstrom nur stark reduziert ist (z. B. durch Einschalten eines großen Widerstandes). Es ist auch eine Schaltung geeignet, die wahlweise einen aus einem größeren Vorrat von Widerständen in den Gleichstromkreis einschaltet oder eine kontinuierliche Steuerung oder Regelung eines im Gleichstromkreis befindlichen steuerbaren Widerstandes.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 liegt im Gleichstromkreis nicht nur der Schalter  $S_1$ , sondern noch eine Diode  $D$  und ein Widerstand  $R_S$ . Ein weiterer Unterschied zur Fig. 1 besteht darin, daß der Schalter  $S_1$  zwischen zwei Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  umschaltet, wobei  $U_1$  eine positive Versorgungsspannung entsprechend  $U_1$  in Fig. 1 und  $U_2$  eine zweite, niedrigere Spannung ist. Die Diode  $D$  ist mit ihrer Anode an den Schalter  $S_1$  angeschlossen und mit ihrer Kathode an den Widerstand  $R_S$ .

Bei der für niedrige Pegel des optischen Empfangssignals vorgesehenen Betriebsart befindet sich der Schalter  $S$  in der Stellung, in der er die Spannung  $U_1$  an die Diode  $D$  anschaltet. Infolge dieser Spannung ist die Diode  $D$  leitend und es liegt dieselbe Betriebsart vor wie bei der Schaltung nach Fig. 1, wenn deren Schalter  $S_1$  geschlossen ist. In diesem Schaltzustand bildet der Widerstand  $R_S$  zusammen mit dem Kondensator  $C_S$  ein Siebglied zur Unterdrückung von hochfrequenten Spannungen, die der Versorgungsspannung überlagert sein können.

Falls der Pegel des optischen Empfangssignals so hoch ist, daß bei dieser Betriebsart mit einem Übersteuern des Verstärkers gerechnet werden muß, wird der Schalter  $S_1$  in die andere Schaltstellung gebracht, bei dem er die Spannung  $U_2$  an die Diode  $D$  anschaltet.  $U_2$  ist so gewählt, daß sie niedriger ist als die Spannung am Verstärkereingang, was bedeutet, daß die Diode  $D$  gesperrt wird. Somit ist der Gleichstromkreis unterbrochen, ebenso wie wenn bei der Schaltung nach Fig. 1 der Schalter  $S$  geöffnet ist. Damit liegt die zweite Betriebsart vor, deren Eignung für hohe Pegel des Empfangssignals bereits anhand von Fig. 1 erläutert wurde.

Die Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen optischen Empfängers, bei dem die gleichstromsperrende Wechselstromverbindung zwischen dem zum Schalter  $S_1$  führenden Photodiodenanschluß und Masse völlig außerhalb des Gleichstromwegs zwischen der Photodiode und der Vorspannung  $U_1$  liegt.

Auch hier besteht diese Verbindung aus dem Kondensator  $C_S$  und der Impedanz in Form des Parallel- $RC$ -Glieds  $R_V, C_V$ . Der Kondensator  $C_S$  ist einerseits mit dem zum Schalter  $S_1$  führenden Anschluß der Photodiode  $PD$  verbunden und andererseits mit dem einen Anschluß der Impedanz  $R_V, C_V$ , deren anderer Anschluß an Masse liegt. Zwischen dem Verbindungspunkt des Kondensators  $C_S$  mit der Photodiode  $PD$  und dem Schalter  $S_1$  ist ein Widerstand  $R_S$  geschaltet, der dem Widerstand  $R_S$  in Fig. 4 entspricht. Das Parallel- $RC$ -Glied  $R_V, C_V$  kann über einen Schalter  $S_2$  enthaltende Verbindung kurzgeschlossen werden.

In der ersten Betriebsart, die für die geringeren Leistungspegel des optischen Empfangssignals vorgesehen ist, ist der Schalter  $S_1$  geschlossen. Die Vorspannung  $U_1$  und der Widerstand  $R_S$  sind so gewählt, daß bei geschlossenem Schalter  $S_1$  die Betriebsart des normalen optischen Empfängers vorliegt, bei der für die Leistungspegel  $P_1$  und  $P_2$  gemäß dem Kennlinienfeld der Fig. 2 beispielsweise die Arbeitspunkte  $AP1$  und  $AP2$  gegeben sind. Wie anhand von Fig. 1 erläutert, fließt bei dieser Betriebsart der Gleichstromanteil des Photostroms im Gleichstromkreis zwischen dem Transimpedanzverstärker und der Versorgungsspannungsquelle  $U_1$  und der Wechselstromanteil fließt in dem Wechselstromkreis, der zwischen dem Masseanschluß des Parallel- $RC$ -Glieds und dem Masseanschluß der Verstärkerschaltung  $V$  des Transimpedanzverstärkers besteht. Zweckmäßigerweise wird bei dieser Betriebsart auch der Schalter  $S_2$  geschlossen, so daß der Widerstand  $R_V$  kurzgeschlossen ist und nicht zum Rauschen des optischen Empfängers beitragen kann. Eine solche schaltbare Verbindung zum Kurzschließen der Impedanz ist auch bei den oben beschriebenen Schaltungen nach Fig. 1 und Fig. 4 für die erste Betriebsart vorteilhaft.

Falls der Pegel des optischen Empfangssignals so hoch ist, daß bei der ersten Betriebsart mit einem Übersteuern des Verstärkers gerechnet werden muß, wird

der Schalter  $S_1$  geöffnet und dadurch der Gleichstromkreis, in dem die Photodiode liegt, unterbrochen. Damit liegt die oben geschilderte zweite Betriebsart für hohe Pegel des Empfangssignals vor, wenn gleichzeitig der Schalter  $S_2$  geöffnet ist, so daß durch die Impedanz der Spannungshub der Photodiode in einen Stromhub umgewandelt wird. Die Vorteile dieser zweiten Betriebsart sind dieselben wie die anhand von Fig. 1 beschriebenen und werden daher hier nicht mehr erläutert.

Der Vorteil dieser Schaltung nach Fig. 5 gegenüber den Schaltungen nach Fig. 1 und 4 liegen darin, daß der Widerstand  $R_V$  mit der Masse verbunden ist und daher als elektronischer Widerstand (PIN-Diode, Schottky-Diode, Silizium-Diode, FET oder ähnliches) ausgeführt werden kann, der steuer- oder regelbar ist. Ist  $R_V$  z. B. der dynamische Widerstand einer PIN-Diode, so kann man durch unterschiedliche Diodenströme dafür sorgen, daß in der ersten Betriebsart  $R_V$  nahezu gleich Null ist und in der zweiten Betriebsart entsprechend der erforderlichen Dimensionierung auf einen endlichen Wert, der erheblich über Null liegt, eingestellt ist.

Selbstverständlich kann auch bei Fig. 5 der Schalter  $S_1$  entsprechend der Fig. 4 ein Umschalter zwischen zwei Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  sein und eine Diode zwischen den Schalter und den Widerstand  $R_V$  eingefügt sein.

Abschließend wird noch eine Schaltungsvariante angegeben, die ohne Umschaltung eines Schalters selbsttätig sich bei hohen Pegeln des optischen Empfangssignals auf die zweite Betriebsart einstellt. Diese Variante liegt vor, wenn der Schalter  $S_1$  in Fig. 1 durch einen geeignet dimensionierten Widerstand ersetzt wird. Dieser Widerstand muß so bemessen sein, daß beim höchsten vorkommenden Pegel  $P_{max}$  des optischen Empfangssignals der von der Versorgungsspannung  $U_1$  über die Photodiode  $PD$  in den Transimpedanzverstärker fließende Strom den oben definierten Strom  $I_{max}$  nicht überschreitet.

Aus der obigen Gleichung (1) folgt, daß dies dann der Fall ist, wenn der Widerstand größer oder gleich  $R_{min}$  ist, wobei

$$R_{min} = \frac{U - U_{max}}{I_{max}}$$

ist und  $U_{max}$  die dem Wert  $I_{max}$  aufgrund der Kennlinie für  $P_{max}$  entsprechende Spannung ist.

- Leerseite -

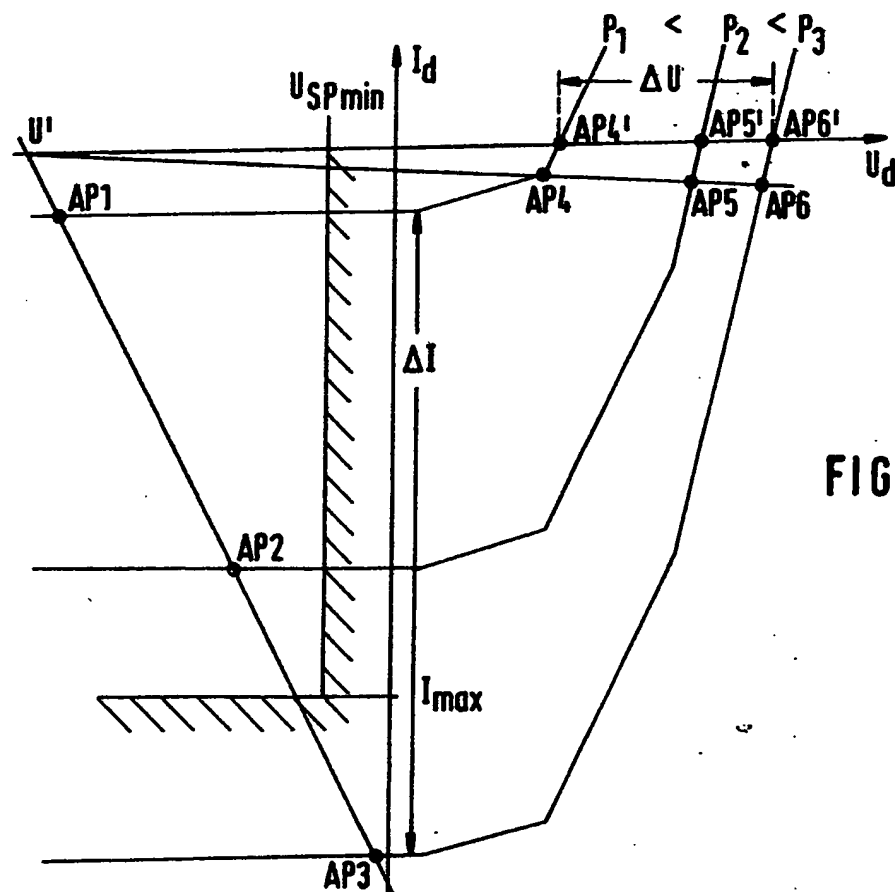
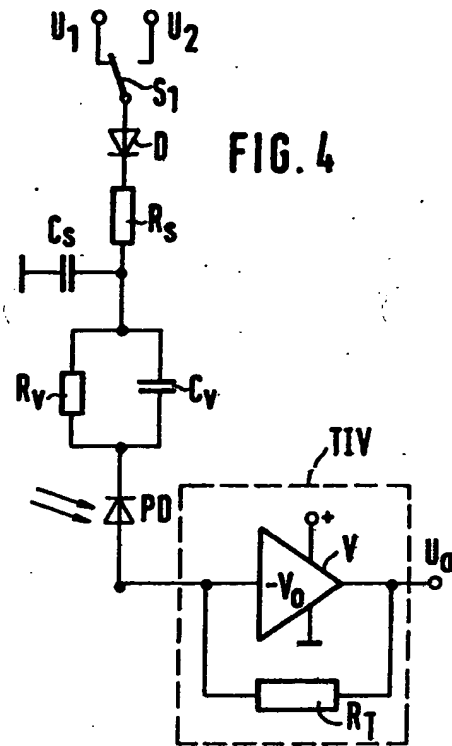
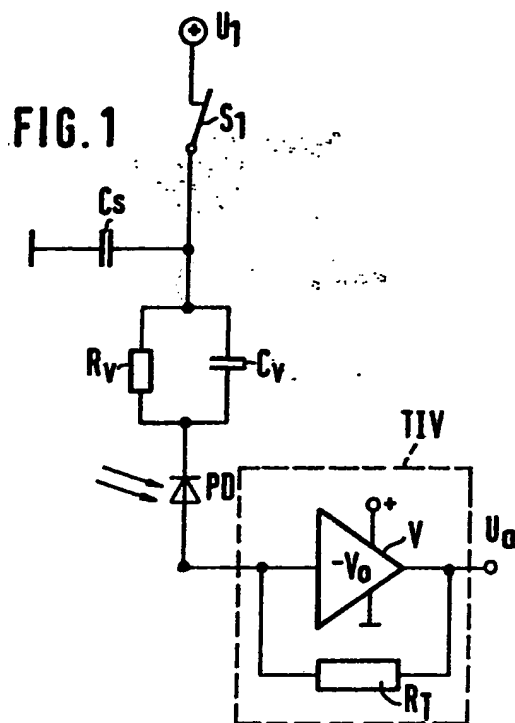
**This Page Blank (uspto)**

3633984

1 / 2

Nummer:  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

36 33 984  
H 04 B 9/00  
6. Oktober 1986  
7. April 1988



ORIGINAL INSPECTED

808 814/419

R. KROUSE - 1



3633984

Fig.: 17:1

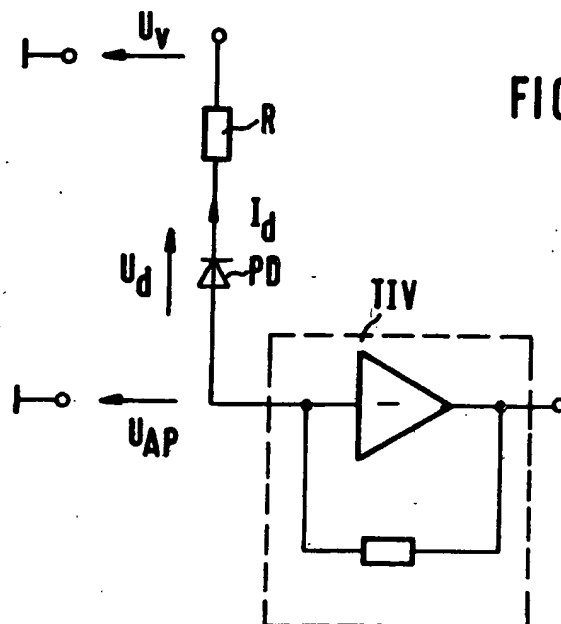


FIG. 3

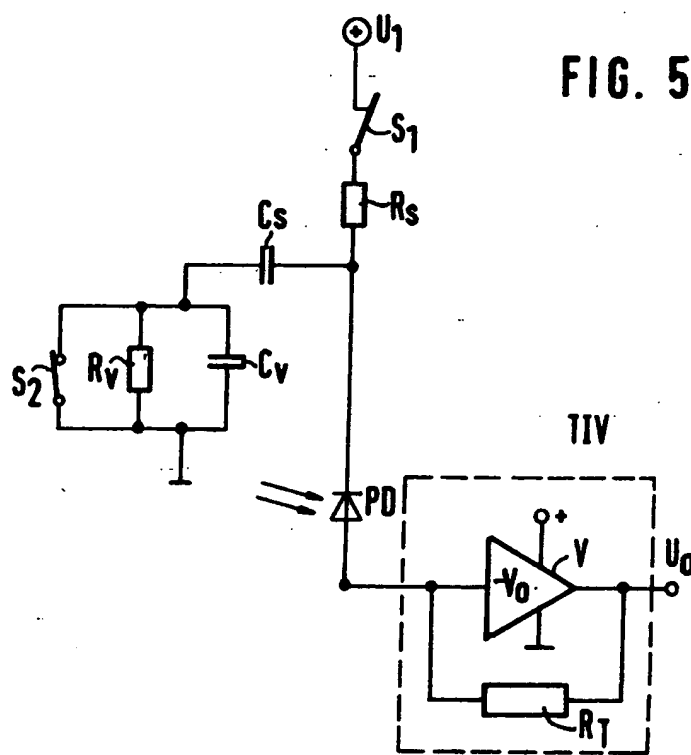


FIG. 5